

Application of Dynamic ALOHA in RFID 's Collision

WU Chunhua CHEN Jun

(Dept . of Information Science and Electronic Engineering , Zhejiang Univ . , Hangzhou 310027 , P . R . China)

Abstract : The paper analyses the mathematical model of the probability of collisions occurred in the transmission of RFID and finds out that the probability would drop down greatly only if rightly adjusting the reading time of the transponder. And then Dynamic ALOHA , a simple solution for anti-collision of RFID , is presented in this paper. This solution can be applied to the applications of low real-time requirement.

Key words : RFID ;dynamic ALOHA ; anti-collision

EEACC : 6150M

动态 ALOHA 法在解决 RFID 反碰撞问题中的应用^①

吴春华 陈 军

(浙江大学信息与电子工程学系 , 杭州市 310027)

摘要 通过分析在射频识别技术(RFID)中碰撞发生的概率和阅读器对应答器的读时间之间的数学模型,发现只要正确调整阅读器对应答器读时间的期限就可大大减小碰撞发生的概率。遂提出动态 ALOHA 方法作为 RFID 中反碰撞问题的一种简易实现。这种反碰撞方法可以在实时性不高的场合得到应用。

关键词 射频识别技术 ;RFID ;动态 ALOHA ;反碰撞

中图分类号 :TN45 文献标识码 :A 文章编号 :1005 - 9490(2003)02 - 0173 - 04

射频识别技术(RFID,即 Radio Frequency Identification)是从上世纪 80 年代起走向成熟的一种自动识别技术。它的工作方式是利用射频方式进行非接触双向通信,以达到识别目的并交换数据。由于大规模集成电路技术的成熟,射频识别系统的体积大大缩小,现在已经进入了实用化的阶段。它和同其他的接触式识别技术不同,RFID 系统的应答器和阅读器之间不用接触就可完成识别,因此它可在更广泛的场合中得到应用。

一般来说,RFID 系统包括两个部分:应答器和阅读器。一个耦合线圈、存有目标标志信息的存储器模块和发射天线构成了一个应答器。其中,耦合

线圈是用来耦合从阅读器发射出来的电磁波的功率,供给应答器读写存储器模块中内容和天线发射信号时使用。由耦合线圈耦合过来的功率十分低,则它依赖于应答器和阅读器的距离。所以阅读器只能接收到离自己一定范围内(我们姑且把这个范围定义为阅读器的作用范围)的应答器的信息,而更远的应答器因耦合到的功率不够而不能发送信息给阅读器。

在 RFID 技术中,由于所有的应答器都用同一工作频率,故存在着在传输信息的过程中出现碰撞的问题。当有多于一个的应答器在阅读器的作用范围内时,所有的应答器将同时发送自己存储的信息。

这将导致各应答器之间的传输的相互干扰,进而导致信息的丢失。这就是我们需要解决的碰撞(collision)问题。

每一个应答器连续发送信息时都在两个连续的发送过程中有个短暂的等待时间。碰撞问题的发生概率依赖于这个等待时间、传输信息的数据帧长和在阅读器作用范围内的应答器的数量之间的关系。本文讲述的动态 ALOHA 方法是根据碰撞问题本身的这一数学特性的一种 RFID 的反碰撞(anti-collision)方法。它既没有检测机制也没有恢复机制,只是通过某种数据编码检测冲突的存在,动态的调整各阅读器的报警时间,从而达到将数据帧接收错误率降低到所要求的程度,并同时对应答器的数据吞吐率没有任何损失。使用这种方法,应答器和阅读器都只要分别有传输和接收的设备就可以了,这意味着成本的极大降低。

这种方法适用于只读应答器中。这类应答器通常只有一些数据(序列号)传输给阅读器,并且是周期的循环的将这些数据发送给阅读器的。它适用的场合有:超市对货物的管理、图书馆对书的管理、动物园对动物的监控等。

本文首先从给定阅读器的报警时间时,传输过程的数学模型说起。然后在这个基础上对动态 ALOHA 方法在反碰撞问题中的可实施性进行了研究。

1 传输的数学模型

一个应答器发送一个数据帧,等待一段不确定的时间后,然后又开始发送数据帧。这个过程周而复始的进行。

1.1 碰撞(collision)的发生

由于所有的应答器都用同一个频率又缺少一种多址访问控制(没有 MAC-介质访问控制层),不可避免地产生了碰撞问题。当两个或更多的应答器在同一时间都发送自己的数据时,碰撞就发生了。发生了碰撞的数据帧就不能再正确地接收到。对同一块应答器,如果发生许多连续的碰撞,这将导致阅读器出现错误判断,认为这块应答器不在自己的作用范围内。为了了解动态 ALOHA 方法的可行性,我们来分析一下错误判断的出现概率的问题。

1.2 数学模型

考虑一个只有一个阅读器和 N 个应答器的系

统。不失一般性,我们假定所有的应答器距离阅读器都是同样远(实际上,这种情况是最容易产生碰撞的情况)。这个系统里,对同一个应答器来说,任意两个传输过程之间的时间间隔是独立的且由一个随机变量 t_i 决定的。这一随机变量的分布函数表示如下

$$F(t_i) = P(t_i \leq x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (1)$$

在这里, λ 是随机变量 t_i 的期望值的倒数

$$\lambda = \frac{1}{t_i}$$

在这个系统里的另几个参数为:

L_m ——帧长度(以 bit 为单位)

C ——信道传输速率(以 bit/s 为单位)

T_0 ——帧长度(以秒为单位)

首先我们来分析图 1。从这张图可以看出:碰撞发生的概率,其实也就是一个另外的应答器在本应答器发送数据的时段内发送数据或本应答器在有别的应答器发送数据时段内,开始发送数据。所以,对于任意一个应答器,我们都可以定义一个时间窗口为 $2T_0$,在这个时间段里,任何一个别的应答器开始发送数据都将导致碰撞。

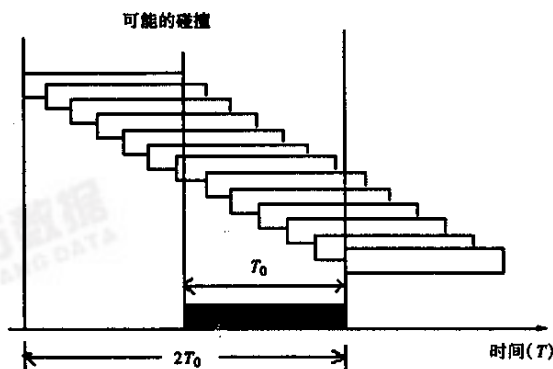


图 1 碰撞窗口

对于应答器 i 和应答器 j 的冲突概率我们可以表示如下:

$$P_c = P(t_i \leq 2T_0)$$

因为我们的系统是 N 个应答器,所以和应答器 i 发生碰撞的概率为:

$$P_c^i = 1 - P_{nc}^i = 1 - \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N P(t_j \geq 2T_0)$$

因为我们的应答器肯定是相同的,那么各个应答器的 λ 参数肯定也是相同的。如此,我们就可以得到

任何一个应答器发送的数据帧发生碰撞的概率：

$$P_c = 1 - [P(t > 2T_0)]^{N-1} = 1 - e^{-2\lambda T_0(N-1)} \quad (2)$$

考虑 t_a 作为阅读器的读时间, 在这个时间里, 如果阅读器没有正确接收到某个应答器发来的数据, 则认为它不在自己的作用范围内(而实际上由于发生

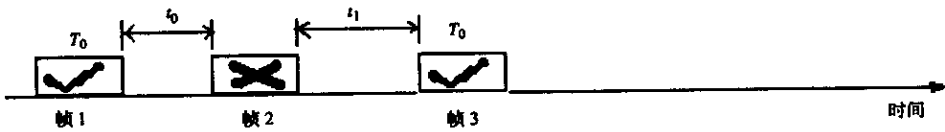
碰撞, 有可能在作用范围内), 并发出报警, 所以这个时间亦可称为阅读器的报警时间。定义 t_x 作为同一个应答器发出的两个数据帧被正确接收的时间间隔, 那么发生错误检测的概率为 $P_{fr} = P(t_x > t_a)$

为得到 P_{fr} 的值, 先分析一下下面的情况：

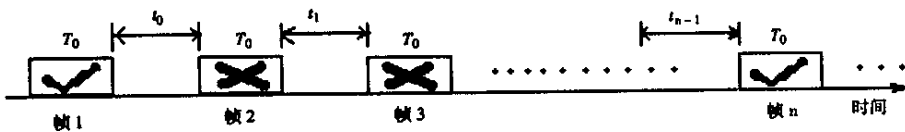
case 1 在两相邻的接收正确的帧中间没有发生碰撞, 其时间间隔大于阅读器的读时间；



case 2 在两相邻的接收正确的帧中间有 2 个帧发生了碰撞, 其时间间隔大于阅读器的读时间；



case N 在两个相邻的接收正确的帧中间有 N - 1 个帧发生了碰撞；



所以 P_{fr} 可以表示为：

$$P_{fr} = P(\text{case1}) + P(\text{case2}) + \dots + P(\text{caseN}) + \dots$$

$$= (1 - P_c)P(T_0 + t_0 > t_a) + (1 - P_c)P_cP(2T_0 + t_0 + t_1 > t_a) + \dots + (1 - P_c)P_c^{N-1}P(nT_0 + t_0 + t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1} > t_a) + \dots$$

又因为 t_0, t_1, t_2, \dots 等的分布函数是相同的, 所以上等式可以改写为：

$$P_{fr} = (1 - P_c) \sum_{i=1}^{\infty} P(it > t_a - iT_0) (P_c)^{i-1} \quad (3)$$

考虑到从某个应答器到达阅读器的数据帧帧数满足柏松定理, 而其速度为 λ 。另外, $P(it > t_a - iT_0)$ 所代表的概率, 即数据帧 i 到达阅读器的时间大于 $t_a - iT_0$, 也就是在 $t_a - iT_0$ 的时间内到达阅读的帧数小于等于 $i - 1$ 。于是, 我们可以把等式 (3) 改写为：

$$P_{fr} = (1 - P_c) \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \sum_{j=0}^{i-1} \frac{e^{-\lambda(t_a - iT_0)} [\lambda(t_a - iT_0)]^j}{j!} \right\} (P_c)^{i-1} \quad (4)$$

由等式 (2) 和 (4) 我们可以将等式 (3) 改写为：

$$P_{fr} = e^{-2\lambda T_0(N-1)} \sum_{i=1}^{\infty} \left\{ \sum_{j=0}^{i-1} \frac{e^{-\lambda(t_a - iT_0)} [\lambda(t_a - iT_0)]^j}{j!} \right\} (1 - e^{-2\lambda T_0(N-1)})^{i-1}$$

我们假定 $\lambda = 100$ (也即阅读器平均每 0.01 s 就接收到一个数据帧), 信道传输速率 $C = 250$ kbit/s, 帧长度 $L_m = 50$ bit, 帧长 $T_0 = 0.02$ ms。根据这些假设和万方数据

上面的等式, 我们将得到下面这张阅读器的阅读时间与出错概率的关系图(在 matlab 中仿真得到, 参数 n 为在阅读器控制范围的应答器数目), 见图 2。

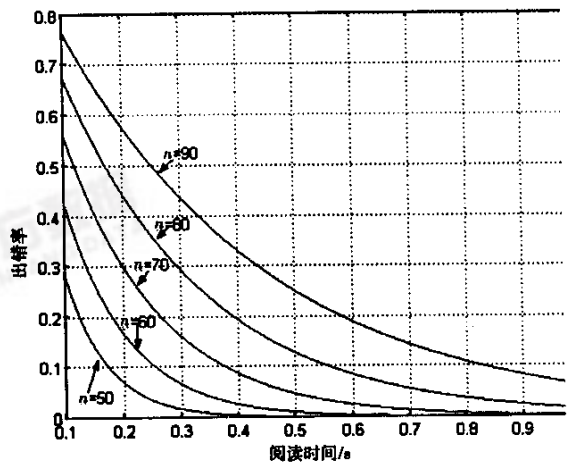


图 2 阅读时间与出错概率关系图

从上面这张图我们可以看出, 随着阅读器的读时间的加长, 错误概率将会降低到十分低的程度。这在一些实时性不是很强的场合来说, 通过动态调整阅读器的读时间来取得错误概率的降低是十分可行的。

2 动态 ALOHA 方法

所谓的动态 ALOHA 方法,指的就是通过发送数据的过程中对信号采用适当的编码,能辨认阅读器中数据碰撞的发生,进而根据这个动态调整阅读器的读时间,来达到降低错误拒绝的发生概率。

动态 ALOHA 的处理过程如下:

- ① 当阅读器探测出碰撞的出现时,它就修改读时间,使读时间延长一个步进量,如 100 ms。
- ② 为了避免读时间的无限制延长,我们可以同时规定,当无碰撞发生 100 次后使读时间缩短一个步进量,如 100 ms。
- ③ 我们对基带信号的编码采用的是常用的 Manchester 编码。采用这种编码的优势是并没有增加应答器端的设备复杂度,而且还有利于阅读器端的始终的同步。当然它也是有缺点的,这就是所需带宽是直接二进制编码的 2 倍,因为脉冲为宽度的 1/2。但由于本方法的适用场合数据交换量不大,带宽的要求比较低,见图 3。

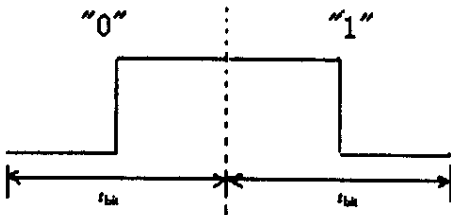


图 3 Manchester 编码

当然为了确知数据帧发生了碰撞还可以采用好多其他的方法,例如像 CRC 检验码、奇偶校验码等。但它们都不同程度加重了应答器端数据处理能力的要求,且有不够准确之嫌。

在 Manchester 编码里,某位之值是在一个位窗 (t_{bit})内由电平的改变(上升/下降边)来表示的。这里逻辑“0”编码为上升边,逻辑“1”编码为下降边。在数据传输过程中,“没有变化”的状态是不允许的,并且作为错误被识别。

通常,在 RFID 系统中,为了减少应答器的发射所需功率和设备的复杂度,通常选择 ASK 调制副载波的负载调制电感耦合系统作为应答器系统。基带编码中的“1”电平使副载波接通,“0”电平使副载波断开。采用了 Manchester 编码之后,由于两个(或多个)应答器同时发送的数据位有不同之值,则接收的上升边和下降边相互抵消,以致在整个位窗的持续时间内接收器接收到的是不间断的载波信号。在 Manchester 编码里对这种状态未作规定。因此,这种状态导致一种错误,从而用这种方法可以准确地探测出碰撞的出现。

3 总结

在这篇文章里,我们介绍在 RFID 技术中的一种反碰撞方法——动态 ALOHA,它可被应用于如需要控制货物或人没有出一定的范围等场合。动态 ALOHA 不用实现探测和恢复机制,只是通过分析阅读器的读时间、应答器的等待时间、数据帧的长度以及通信信道的速率和错误拒绝的发生概率之间的关系找到的一种可行的控制错误拒绝发生概率的方法。采用该方法没有给应答器和阅读器增加实现的复杂性,当然,其成本是低廉的。

参考文献

- [1] Mathematical Model For a Multiread Anticollision Protocol. P. Hernandez J. D. Sandoval; Communications, Computers and signal Processing, 2001.
- [2] Anti-collision and Transponder Selection Methods for Grouped Vicinity Cards and RFID tags. Peter Hawkes; RFID Technology, 1999.
- [3] A unified algorithm for wireless MAC protocols. Chao Ming Teng, Kwang-cheng chen; Vehicular Technology Conference, 2002.
- [4] 沈宇超, 沈树群. 射频技术及其发展现状[J]. 电子技术与应用, 1999.
- [5] Andrew S. Tanenbaum. 计算机网络[M]. 清华大学出版社.